

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-311572

(43)Date of publication of application : 07.11.2000

(51)Int.Cl.

H01H 59/00

(21)Application number : 11-119754

(71)Applicant : OMRON CORP

(22)Date of filing : 27.04.1999

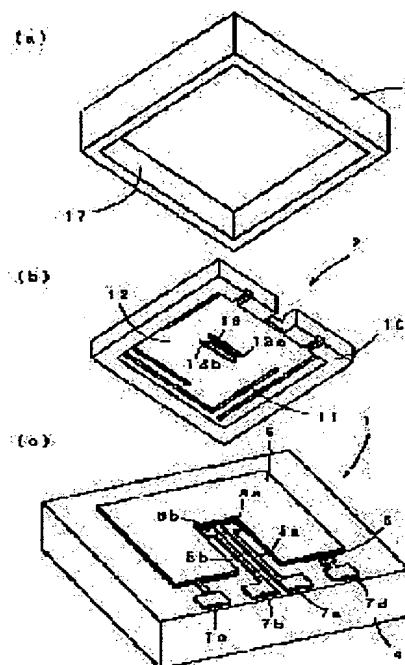
(72)Inventor : SANO KOJI

(54) ELECTROSTATIC RELAY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electrostatic relay having excellent response even in a small size and capable of working in a low driving voltage and suppressing transfer between contacts or bounce generation.

SOLUTION: In this relay, an inner space is sealed by providing a cap member 3 on a fixing substrate 1. An internal pressure in the inner space is set to be smaller than the atmospheric pressure and to have a value that the mean free path of an electron is shorter than a distance between contacts. An inert gas is filled and air-tightly sealed in the inner space. The distance between the contacts is preferably set 10 μm or under and the internal pressure is preferably 27-500 Torr.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-311572

(P2000-311572A)

(43) 公開日 平成12年11月7日 (2000.11.7)

(51) Int.Cl.
H 0 1 H 59/00

識別記号

F I
H 0 1 H 59/00

データベース (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-119754
(22) 出願日 平成11年4月27日 (1999.4.27)

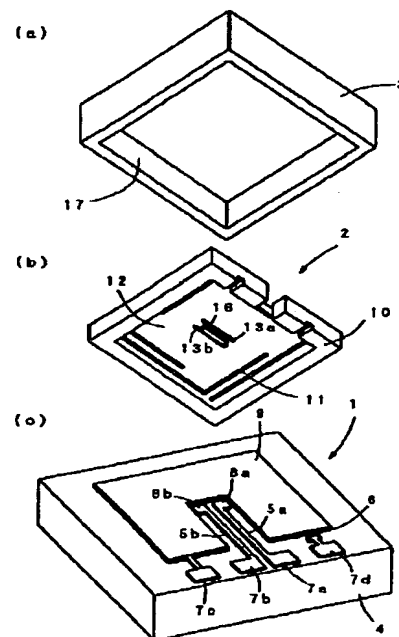
(71) 出願人 000002945
オムロン株式会社
京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町
801番地
(72) 発明者 佐野 浩二
京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ
ムロン株式会社内
(74) 代理人 100062144
弁理士 青山 葆 (外 3 名)

(54) 【発明の名称】 静電リレー

(57) 【要約】

【課題】 小型であっても応答性に優れ、低い駆動電圧で動作する上、接点間の転移やバウンスの発生を抑制可能な静電リレーを提供する。

【解決手段】 固定基板1にキャップ部材3を設けることにより内部空間を封止する。そして、内部空間の内圧を、大気圧よりも小さく、かつ、電子の平均自由行程が接点間距離よりも短くなる値とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定電極を有する固定基板に、可動電極を有する可動基板を対向配設し、両電極間に電圧を印加して静電引力を発生させることにより可動基板を駆動し、該可動基板に設けた可動接点を、前記固定基板に設けた固定接点に閉成するようにした静電リレーにおいて、

前記固定基板にキャップ部材を設けることにより封止した内部空間の内圧を大気圧よりも小さく、かつ、電子の平均自由行程が接点間距離よりも短くなる値としたことを特徴とする静電リレー。

【請求項2】 前記内部空間に不活性ガスを気密封止すると共に、接点間距離が $10\mu\text{m}$ 以下、内圧が $27\sim 500\text{Torr}$ としたことを特徴とする請求項1に記載の静電リレー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、静電引力により可動電極を駆動して接点を開閉する静電リレーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、静電リレーとして、例えば、図5に示すものがある（特開平4-58428号公報等参照）。この静電リレーは、ベース200、固定電極ブロック201、可動電極ブロック202及びケース203からなる。ベース200の上面には凹所204が形成されている。固定電極ブロック201は、この凹所204に配設され、固定電極部205と固定接点206とを有する。可動電極ブロック202は、可動電極部207と、その両側に配設され、先端下面に可動接点を備えた可動接点部208とを有する。ケース203は、前記ベース200に一体化され、内部空間に前記固定電極ブロック201及び可動電極ブロック202を封止する。内部空間は、真空引き（例えば、 10^{-3}Torr ）又は高圧の不活性ガスを封入されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記構成の静電リレーは小型化するに従って接点間距離も小さくなる。例えば、一辺 2mm 程度まで小型化した場合、接点間距離は約 $10\mu\text{m}$ となる。このため、真空引きすると、次式で示される電子の平均自由行程 λ_e が無視できなくなる。

【0004】

【数1】

$$\lambda_e = 5.6 \times \frac{1}{\sqrt{2n\pi}\delta}$$

λ : 気体分子の平均自由行程
 n : 分子密度
 δ : 分子の直径

【0005】すなわち、（数1）からも明らかなように、真空度（Vacuum）と電子の平均自由行程 λ_e との間には、図6に示す関係が成立する。このため、真空引きにより、電子の平均自由行程 λ_e が長くなって接点間距離を超えると、接点間で電子の転移が発生しやすくなり、絶縁性が阻害される。また、真空状態であれば、可動電極部がバウンスしやすくなる。

【0006】一方、高圧の不活性ガスを封入すると、その粘性の影響が無視できなくなる。一般に、リレーの動作速度は、図7に示すように、駆動電圧に対する信号電圧の遅延時間（ t_{on} 又は t_{off} ）で表されるが、図8に示すように、内圧（Pressure）を高圧にすればする程、不活性ガスの粘性が大きく影響し、応答性が悪化する。

【0007】この場合、動作速度を上昇させるために、可動電極部207の剛性を高めることも考えられる。しかし、剛性を高めた可動電極部207を固定電極部205に吸引するためには、大きな駆動電圧が必要となり好ましくない。また、可動電極部207自身も厚肉に形成する必要が生じ、大型化が避けられない。

【0008】そこで、本発明は、小型であっても応答性に優れ、低い駆動電圧で動作する上、接点間の転移やバウンスの発生を抑制可能な静電リレーを提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記課題を解決するための手段として、固定電極を有する固定基板に、可動電極を有する可動基板を対向配設し、両電極間に電圧を印加して静電引力を発生させることにより可動基板を駆動し、該可動基板に設けた可動接点を、前記固定基板に設けた固定接点に閉成するようにした静電リレーにおいて、前記固定基板にキャップ部材を設けることにより封止した内部空間の内圧を、大気圧よりも小さく、かつ、電子の平均自由行程が接点間距離よりも短くなる値としたものである。

【0010】この構成により、内部空間は、大気圧よりも小さいが、電子の平均自由行程が接点間距離に及ばないような減圧状態に維持される。したがって、接点間での電子の転移が抑制され、所望の絶縁性が確保される。また、可動電極の駆動に適度な抵抗が与えられ、バウンスが発生することもなく、スムーズに動作する。

【0011】具体的に、前記内部空間に不活性ガスを気密封止すると共に、接点間距離が $10\mu\text{m}$ 以下、内圧が $27\sim 500\text{Torr}$ とすればよい。なお、不活性ガスとしては、電離電圧の高いHe（ヘリウム）を使用するのが好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る実施形態を添付図面に従って説明する。

【0013】図1及び図2は、本実施形態に係る静電リレーを示す。この静電リレーは、固定基板1、可動基板

2及びキャップ部材3から構成されるもので、一辺2mmの非常に小型の矩形状に形成されている。

【0014】固定基板1は、図1(c)に示すように、ガラス基板4の上面に、スパッタリング、蒸着、メッキ、スクリーン印刷等により信号線5a、5b、固定電極6及びパッド7a、7b、7c、7dを形成したものである。信号線5a、5bは所定間隔で並設され、その一端部は固定接点8a、8b、他端部はパッド7a、7bとなっている。固定電極6は、前記両信号線5a、5bを囲むように配設され、前記パッド7cに接続されている。また、固定電極6の表面は絶縁膜9によって被覆されている。なお、パッド7dは、後述する可動電極12に電気接続されている。また、各パッド7a、7b、7c、7dには図示しない引出線が接続されている。

【0015】可動基板2は、図1(b)に示すように、シリコン基板から形成され、アンカ10、第一薄板梁部11及び可動電極12を有する。アンカ10は、前記固定基板1の上面周囲部に立設される一部切欠枠形のものである。第一薄板梁部11は、アンカ10の上面内縁部からアンカ10に沿って4箇所から側方に延在する。可動電極12は、前記第一薄板梁部11に弾性支持されている。可動電極12の中央には、スリット13a、13bにより第二薄板梁部14(図2(a))が形成され、その下面中央には絶縁膜15(図2(b))を介して可動接点16が設けられている。可動接点16は前記固定接点8a、8bに接離可能に対向している。本実施形態では、接点間距離を10 μ mに設定してある。

【0016】キャップ部材3は、図1(a)に示すように、その下面に矩形状の凹所17を設け、前記固定基板1に接合させることにより、可動基板2を収容する内部空間を気密状態に封止する。

【0017】次に、前記構成からなる静電マイクロレレーの製造方法を説明する。

【0018】まず、図3(a)に示すパイレックス等のガラス基板4に、図3(b)に示すように固定電極6、固定接点8a、8bを形成する。また同時に、信号線5a、5b、及び、接続パッド7a、7b、7c、7dをそれぞれ形成する。そして、前記固定電極6に絶縁膜9を形成することにより、図3(c)に示す固定基板1を完成する。

【0019】なお、前記絶縁膜9として比誘電率3~4のシリコン酸化膜あるいは比誘電率7~8のシリコン窒化膜を用いれば、大きな静電引力が得られ、接触荷重を増加させることができる。

【0020】一方、図3(d)に示すように、上面側からシリコン層101、酸化シリコン層102及びシリコン層103からなるSOIウエハ100を準備する。そして、前記シリコンウエハ100の下面に、接点間ギャップを形成するため、例えば、シリコン酸化膜をマスクとするTMAHによるウェットエッチングを行い、図3

(e)に示すように、下方側に突出するアンカ10を形成する。そして、図3(f)に示すように、絶縁膜15を設けた後、可動接点16を形成する。

【0021】次いで、図3(g)に示すように、前記固定基板1に前記SOIウエハ100を陽極接合で接合一体化する。そして、図3(h)に示すように、SOIウエハ100の上面をTMAH、KOH等のアルカリエッチング液で酸化膜である酸化シリコン層102までシンニングする。さらに、フッ素系エッチング液で前記酸化シリコン層102を除去して、図3(i)に示すようにシリコン層103すなわち可動電極12を露出させる。そして、反応性イオンエッチング法(RIE)等を用いたドライエッチングで型抜きエッチングを行い、切欠部及びスリット13a、13b(図2参照)を形成して第一、第二薄板梁部11、14(図2参照)を切り出し、可動基板2を完成する。

【0022】なお、固定基板1はガラス基板4に限らず、少なくとも上面を絶縁膜9で被覆した単結晶シリコン基板で形成してもよい。

【0023】その後、固定基板1にキャップ部材3を陽極接合して一体化することにより、可動基板2を封止する。なお、信号線5a、5b等の導電部との間では陽極接合できないため、ガラスフリット等の低融点ガラスを介在させる。

【0024】ところで、前記静電リレーは、非常に小型であり、接点間距離が10 μ mに過ぎない。したがって、内部空間を減圧しなければ、可動電極12の動作が気体の粘性により妨げられ、応答性が悪くなる。この場合、内部空間を真空状態とすれば、接点間で電子の転移が起こりやすくなり、又、可動電極12のバウンスも発生する。電子の転移は、前記(数1)で示される電子の平均自由行程 λ_e が接点間距離を超える場合に発生する。また、可動電極12のバウンスは、内圧が約0.75 Torr(1HPa)以下で発生する。

【0025】そこで、前記キャップ部材3の接合作業は、不活性ガスの雰囲気中で、かつ、減圧状態で行う。不活性ガスとしては、ヘリウム(He)ガスを使用し、その圧力を27~500 Torrに維持する。Heを使用したのは、電離電圧が高いため、電子の転移防止に有効だからである。但し、アルゴン(Ar)ガス等の他の不活性ガスの使用も可能である。また、維持する圧力を27~500 Torrとしたのは、前記(数1)で示すように、電子の平均自由行程 λ_e が10 μ mの接点間距離を超えないようにすると共に、可動電極12のバウンスの発生を防止するためである。

【0026】なお、前記実施形態では、可動基板1全体をシリコンウエハ単体で形成すると共に、左右点対称、断面線対称となるように形成されているため、可動電極12に反りや握りが生じにくい。したがって、動作不能、動作特性のバラツキを効果的に防止できると共に、

円滑な動作特性を確保可能となる。

【0027】次に、前記構成からなる静電マイクロリレーの動作を図4に示す模式図を参照して説明する。

【0028】まず、固定電極6及び可動電極12間に電圧を印加していない場合、図2(b)及び図4(a)に示すように、固定電極6と可動電極12とは平行状態を維持し、可動接点16が固定接点8a、8bから開離している。この場合、接点間距離は $10\mu\text{m}$ に過ぎないが、不活性ガスの存在、及び、電子の平均自由行程が接点間距離を越えないように設定した内圧により、接点間で電子が転移することはない。したがって、接点開放時に所望の絶縁性を確保して安定した状態に維持することが可能となる。

【0029】次に、固定電極6及び可動電極12間に電圧が印加されると、図4(b)に示すように、電極6、12間に生じた静電引力によって可動電極12が固定電極6に吸引される。このため、第一薄板梁部11が撓み、可動電極12が固定電極6に接近する。この結果、間隙が狭まるので、可動電極12が固定電極6により一層強い静電引力で吸引され、可動接点16が固定接点8a、8bに当接する。このとき、内圧は減圧されているので、可動電極12がスムーズに動作する。

【0030】可動接点16が固定接点8a、8bに当接した後、図4(c)に示すように第一薄板梁部11に加えて第二薄板梁部14が撓み、可動電極12が固定電極6に吸着される。可動接点16は、その周囲の可動電極12が固定電極6に吸着されることにより、第二薄板梁部14を介して固定接点8a、8bに押し付けられる。このため、片当たりが発生せず、良好な接触信頼性が得られる。

【0031】ところで、第一、第二薄板梁部11、14が可動電極12を上方に引張る力を F_{s1} 、 F_{s2} 、絶縁膜9を介した可動電極12と固定電極6との間の静電引力を F_e 、絶縁膜9の表面からの抗力を F_n とすると次の関係がある。

【0032】

【数2】 $F_e = F_{s1} + F_{s2} + F_n$

【0033】そして、第一、第二薄板梁部11、14のバネ係数、可動電極12と固定電極6との初期ギャップ、接点の厚み等を調整することにより F_n 、 F_{s1} を小さくし、 F_{s2} 、すなわち接触荷重の(理想モデルからの)低下を抑えることが可能である。

【0034】したがって、前述の電圧の印加を停止すると、第二薄板梁部14及び第一薄板梁部11の弾性力により、可動電極12が固定電極6から離れる。次いで、第一薄板梁部11の弾性力だけで可動接点16が固定接点8a、8bから開離し、可動電極12が元の状態に復帰する。

【0035】

【実施例】実際に、各部の寸法、内圧を次のように設定

した静電リレーについて試作を行った。

第一薄板梁部 長さ： $500\mu\text{m}$

幅： $140\mu\text{m}$

厚さ： $110\mu\text{m}$

第二薄板梁部 長さ： $110\mu\text{m}$

幅： $110\mu\text{m}$

厚さ： $110\mu\text{m}$

可動電極： $1000 \times 1000\mu\text{m}$ (縦×横)

接点間距離： $3\mu\text{m}$

内部封入ガス：He

【0036】この構成の静電リレーの特性は、 $10\text{V}-10\text{mA}$ (24V 、 100Hz 駆動) で、接点の開閉回数は106回を超えるものとなった。また、このときの遅延時間は、 0.5msec 以下であった。なお、内圧を大気圧とした場合の遅延時間は $2\sim 3\text{msec}$ であった。

【0037】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明に係る静電リレーによれば、内部空間の内圧を、大気圧よりも小さく、かつ、電子の平均自由行程が接点間距離よりも短くなる値としたので、接点間での電子の転移がなく、可動電極がスムーズに動作し、応答性のより良好な状態を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る静電リレーの分解斜視図である。

【図2】図1に示す静電リレーのキャップを除いた状態を示す平面図(a)及びその断面図(b)である。

【図3】図1に示す静電リレーの加工プロセスを示す断面図である。

【図4】図1の静電マイクロリレーの動作を示す模式図である。

【図5】従来例に係る静電リレーの分解斜視図である。

【図6】真空度と電子の平均自由行程との関係を示すグラフ図である。

【図7】駆動電圧と信号電圧の遅延時間を示すグラフ図である。

【図8】真空度と遅延時間の関係を示すグラフ図である。

【符号の説明】

1…固定基板

2…可動基板

3…キャップ部材

5a、5b…信号線

6…固定電極

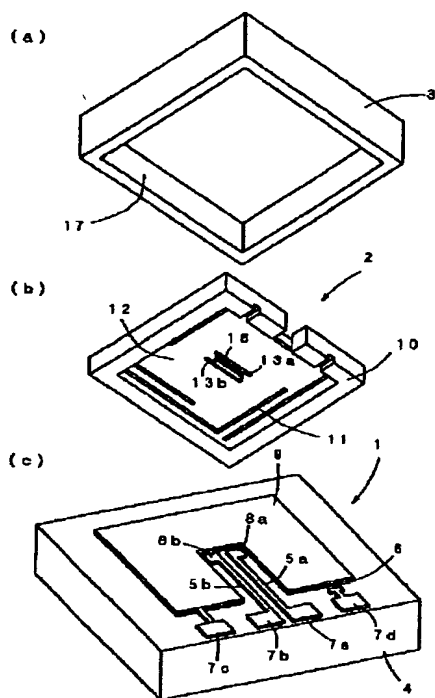
8a、8b…固定接点

11…第一薄板梁部

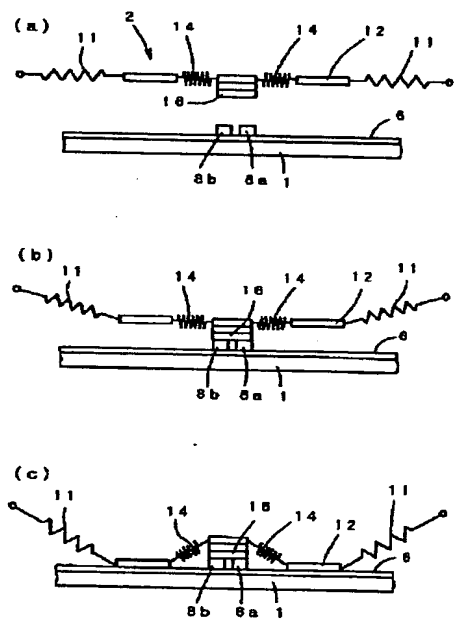
12…可動電極

14…第二薄板梁部

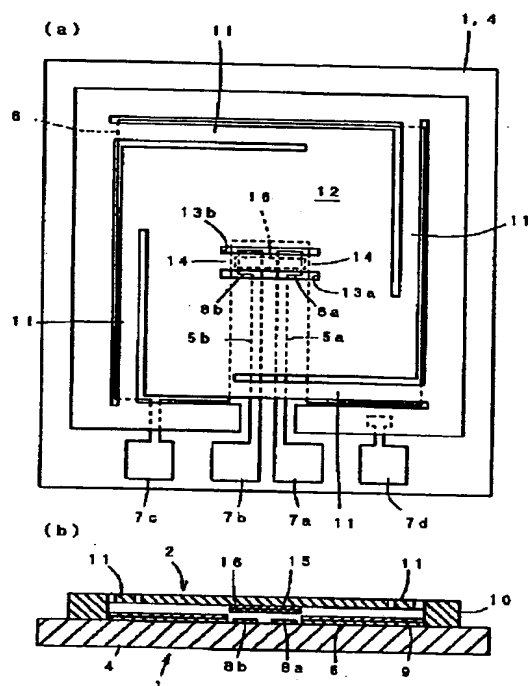
【図1】



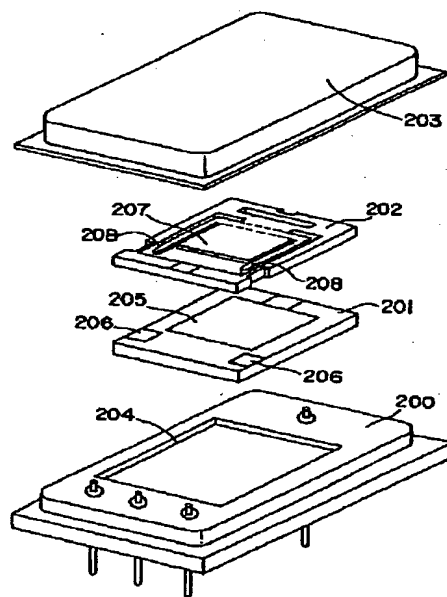
【図4】



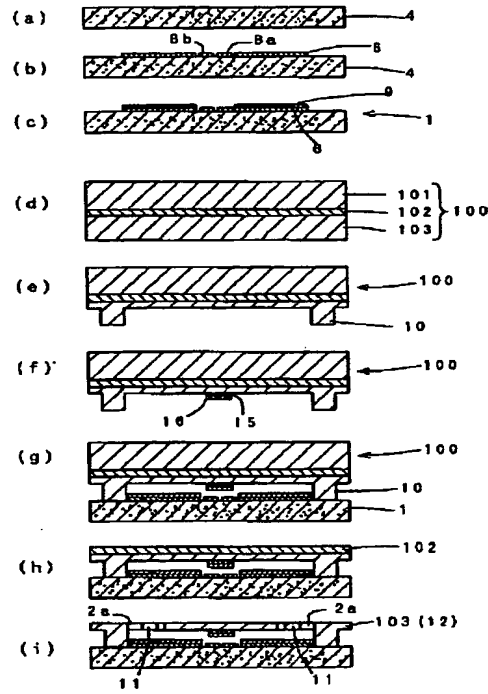
【図2】



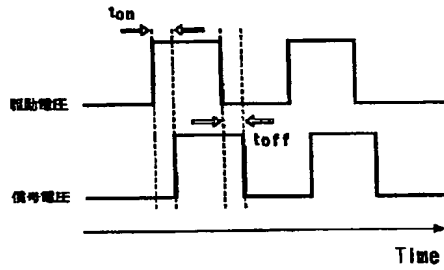
【図5】



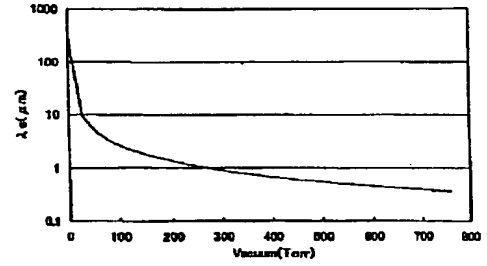
【図3】



【図7】



【図6】



【図8】

